

ACTIVIDAD GANADERA EN LATINO AMERICA Y EL CARIBE Y SU ATAQUE SIN FUNDAMENTO POR LA EMISION DE GEI

*LIVESTOCK ACTIVITY IN LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN AND ITS UNFOUNDED
ATTACK BY GHG EMISSIONS*

Medina Villacís Marlene^{1*} 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

*Espinoza Guerra Italo*¹² 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Fecha recepción: 15 de junio de 2020

Fecha aceptación: 16 de julio de 2020

© 2020 Universidad de Córdoba. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acreditan.

RESUMEN

Estudio revisión acerca de los continuos ataques que sufre la ganadería, tanto en Latinoamérica como en otras regiones del mundo esta actividad que, en muchos países de la región, es de gran importancia económica, social y cultural. La industria animal en LAC representa el 46% del PIB y crece a una tasa de 3.7% anual estando

ABSTRACT

Review study about the continuous attacks suffered by livestock, both in Latin America and in other regions of the world, this activity that, in many countries of the region, is of great economic, social and cultural importance. The animal industry in LAC represents 46% of GDP and is growing at an annual rate of 3.7% that has been accompanied by increasing mitigation of

¹ Ingeniero en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Graduado/Facultad Ciencias de la Ingeniería, Valencia, Ecuador, jean.vallejo2015@uteq.edu.ec, 0939645255, <https://orcid.org/0000-0002-1551-8609>*

² Magister en Seguridad y Salud Ocupacional, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Docente /Salud Ocupacional y Seguridad en el Trabajo/Facultad Ciencias de la Ingeniería, Quevedo, Ecuador, ibustillos@uteq.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0001-8647-7077>

acompañada con creciente mitigación de deficiencias nutricionales y con seguridad alimentaria de la población. Dichos ataques a la ganadería sin fundamentos, señalan que contribuye al Cambio Climático a través de la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), a la degradación de tierras y a la deforestación. Son frecuentes publicaciones, generalmente no científico-técnicas, que alertan injustificadamente sobre el consumo de productos animales, sobre todo el de carnes rojas, sobre la salud humana. Se critica que la ganadería produce un 14.5% de los GEI antropogénicos globales. Sin embargo, se argumenta, aunque no libre de controversia, que a través del Ciclo Biogénico de carbono el CH₄ entérico, gas de corta vida, es convertido en la atmósfera mediante reacciones con grupos OH a CO₂, es reutilizado por las plantas a través de la fotosíntesis. Si se mantiene constante el inventario de ganado se puede tener una ganadería C neutral, y si se reduce de los niveles actuales entonces la ganadería puede contribuir a enfriar el planeta. El Ciclo de Carbono Biogénico no existe en la quema de combustibles fósiles, lo que resulta en emisiones de CO₂ con gran efecto de calentamiento por su larga permanencia en la atmósfera.

PALABRAS CLAVE: proteína, silvopastoriles, biomasa, sistemas pastoriles, captura.

nutritional deficiencies and with food security for the population. Said unfounded attacks on livestock indicate that it contributes to Climate Change through the emission of Greenhouse Gases (GHG), land degradation and deforestation. There are frequent publications, generally not scientific-technical, that unjustifiably warn about the consumption of animal products, especially red meat, about human health. It is criticized that livestock produces 14.5% of global anthropogenic GHG. However, it is argued, although not without controversy, that through the Biogenic Carbon Cycle, enteric CH₄, a short-lived gas, is converted in the atmosphere through reactions with OH groups to CO₂, it is reused by plants through photosynthesis. Keeping the livestock inventory constant can lead to a C neutral livestock, and if it is reduced from current levels then livestock can help cool the planet. The Biogenic Carbon Cycle does not exist in the burning of fossil fuels, which results in CO₂ emissions with a great warming effect due to its long permanence in the atmosphere.

KEYWORDS: protein, silvopastoral, biomass, pastoral systems, catch

INTRODUCCIÓN

Entender cómo se comportan las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y las posibles tecnologías para mitigar su impacto resulta de suma importancia, para la producción en ganadería y atañe a todos los países en ALC y el mundo, el sector ganadero es vital para la seguridad alimentaria y la salud mundiales, es un sector que necesita producir más, utilizando menos recursos. El sector ganadero desempeña funciones críticas de desarrollo a través de su contribución a dietas nutritivas, crecimiento económico y medios de vida beneficiosos para todos. Es fundamental para que la sociedad alcance sus objetivos ambientales, sociales, económicos y sanitarios contribuye a la reducción de la pobreza y al desarrollo, así mismo, contribuye significativamente a la mitigación del cambio climático, con la adopción de cambios en el manejo ganadero.

Comúnmente la huella de carbono se define como la cantidad de gases de efecto invernadero GEI emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios de los seres humanos, variando su alcance, desde un mirada simplista que contempla sólo las emisiones directas de CO₂, a otras más complejas, asociadas al ciclo de vida completo de las emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo la elaboración de materias primas y el destino final del producto y sus respectivos embalajes.

Llega en un momento en que el mundo necesita reducir urgentemente las emisiones de GEI para evitar un cambio climático catastrófico. El sector ganadero puede hacer una contribución importante a estos esfuerzos internacionales al compensar algunos de los aumentos de emisiones del sector, que se esperan, ya que se prevé que la demanda de productos pecuarios crecerá en un 70 por

ciento para 2050.

- El sector ganadero juega un papel importante en el cambio climático. Se estima que emite 7,1 gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq) por año, lo que representa el 14,5 por ciento de todas las emisiones inducidas por el hombre.
- La producción de leche de vaca y de ganado representa la mayoría de las emisiones, contribuyendo respectivamente con el 41 y el 19 por ciento de las emisiones del sector. Mientras que la carne de cerdo y la carne de aves de corral y los huevos contribuyen respectivamente con un 9 y un 8 por ciento a las emisiones del sector.
- Las principales fuentes de emisiones son: producción y procesamiento de piensos (45 por ciento del total, con un 9 por ciento atribuible a la expansión de pastos y cultivos forrajeros en los bosques), fermentación entérica de rumiantes (39 por ciento) y descomposición del estiércol (10 por ciento). El resto se atribuye al procesamiento y transporte de productos animales.

Los bovinos poseen un sistema digestivo que tiene la capacidad de aprovechar y convertir material fibroso con altos contenidos de carbohidratos estructurales, en alimentos de alta calidad nutritiva, la carne y la leche. Sin embargo, por sus características innatas, este mismo sistema digestivo también produce metano, un potente gas con efecto invernadero que contribuye con aproximadamente el 18% del calentamiento global ocasionado por

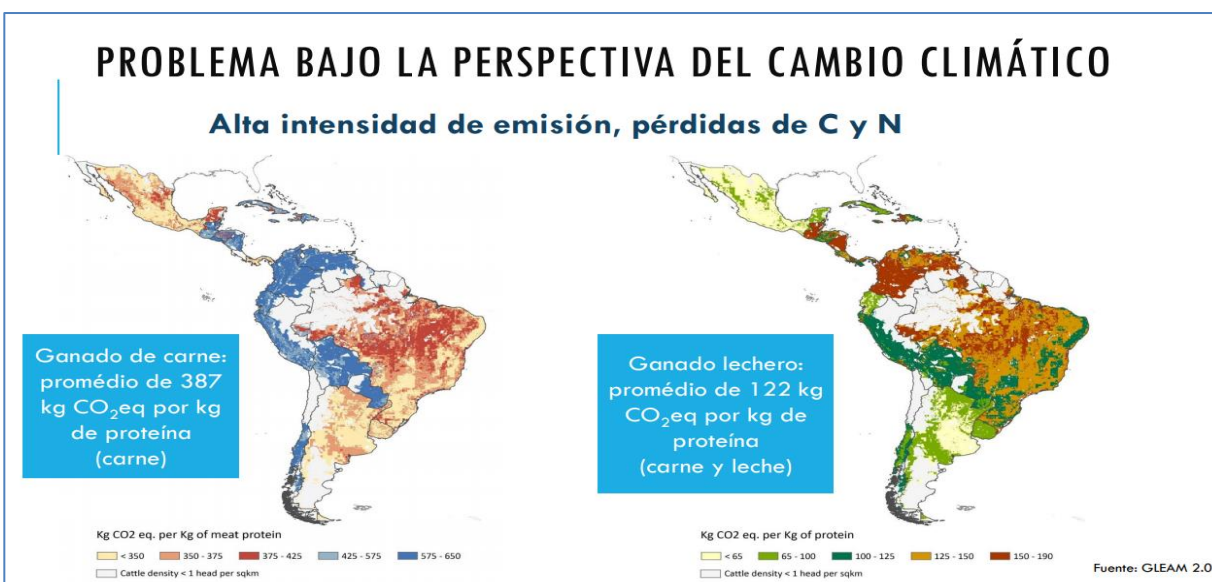
actividades productivas con animales domésticos, superado sólo por el CO₂ (20).

La importancia social y económica de la ganadería bovina es indudable. A nivel mundial, esta actividad involucra a unos 1.300 millones de productores y minoristas y contribuye con el 40-50 % del producto interno bruto (PIB) agrícola (FAO, 2018). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Estados Unidos es el mayor productor de carne de res en el mundo (20 %), seguido de Brasil (15 %) y la Unión Europea (13 %); entre los tres producen aproximadamente el 48 % de la carne vacuna mundial. Colombia se encuentra en el puesto 14 de esta clasificación al producir el 1,34 % (825.000 Tm) (FAO, 2020).

Con respecto al consumo, en 2018 Estados Unidos fue el mayor consumidor de carne de

res en el mundo, seguido de China y Brasil. En ese año, la población mundial consumió 60,9 millones de toneladas métricas de carne, de las cuales 12 países consumieron más de un millón. En el ranking de consumo de carne, Colombia se encuentra en el puesto 15 con el 1,21 % (739.000 Tm).

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas, con sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se ha convertido en el marco aprobado por 169 países del mundo. Los ODS se basan en el éxito de los Objetivos de Desarrollo del milenio 2000-2015 y su meta es continuar los esfuerzos para acabar con la pobreza y el hambre, al abordar de manera sostenible las causas fundamentales de la pobreza y la necesidad mundial de desarrollo. La ganadería, al ser una actividad tan importante para la humanidad, también ha sido evaluada en el marco de los ODS.



Fuente: Global Livestock Environmental Assessment Model GLAM LEAP.2020
Autor: Henning Steinfeld. Chief FAO Livestock.

Durante décadas, el debate en el sector ganadero se ha centrado en cómo producir más con menos para alimentar a 9.800 millones de personas en 2050. Sin embargo, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible ha ampliado

la discusión al cambiar el enfoque de fomentar la producción pecuaria sostenible por se a mejorar la contribución del sector ganadero a la consecución de los ODS.

Sin embargo, a pesar de que se reconoce el

importante rol de este sector para el desarrollo mundial, se han difundido ampliamente mensajes que atribuyen a la ganadería la responsabilidad en problemas profundos de la humanidad y se ha promovido la necesidad de dejar de consumir productos de origen animal para adoptar hábitos vegetarianos y veganos (Willett et al., 2019). De esta manera, existe una serie de mitos sobre la producción y el consumo de carne bovina tales como:

- Las vacas son una de las principales causas del calentamiento global.
- Las vacas ocupan tierras agrícolas que podrían producir alimentos vegetales.
- El ganado compite con la humanidad por los recursos alimenticios y es poco eficiente para convertir alimentos.
- Las vacas consumen demasiada agua.
- Las dietas vegetarianas son mejores para el ambiente y no tienen efectos en la salud humana.
- La ganadería es la principal responsable de la deforestación del planeta.
- La carne está llena de antibióticos y hormonas.
- Además del aumento de la demanda mundial de alimentos.
- Escasez de recursos debido a la degradación y el agotamiento de suelos.
- Pérdida y desperdicio de alimentos.
- Contaminación
- Falta de integración

Se detallan varios de los problemas que de manera directa o indirecta la ganadería es atacada injustamente, y de manera directa se perjudica su desarrollo muy necesario para sectores agroproductivos, del cual dependen estrictamente las familias de pequeños y medianos productores, sector en que se encuentra la producción ganadera en América latina y el Caribe.

- Fuentes de emisiones de GEI por ganado

La mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero por el ganado se originan en cuatro categorías principales de actividades: fermentación entérica, gestión del estiércol, producción de piensos y consumo de energía.

Emisiones de metano (CH_4) por fermentación entérica. Los animales rumiantes (bovinos, búfalos, ovejas y cabras) producen metano como parte de su proceso digestivo. En su rumen (estómago), la fermentación microbiana descompone los carbohidratos en moléculas simples que pueden ser digeridas por los animales. El metano es un subproducto de este proceso. Las raciones alimenticias con alto contenido de fibras provocan mayores emisiones de CH_4 por unidad de energía ingerida. Las especies no rumiantes, como los cerdos, también producen metano, pero las cantidades son mucho menores en comparación (en esta evaluación se incluye la fermentación entérica de bovinos, búfalos, pequeños rumiantes y cerdos, pero no de aves de corral).

Emisiones de metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) provenientes de la gestión del estiércol. El estiércol contiene dos componentes químicos que pueden generar emisiones de gases de efecto invernadero durante el almacenamiento y el procesamiento: materia orgánica que se puede convertir en metano y nitrógeno que conduce a emisiones de óxido nitroso. El metano se libera de la descomposición anaeróbica de material orgánico. Esto ocurre principalmente cuando el estiércol se maneja en forma líquida, como en lagunas profundas o tanques de retención. Durante el almacenamiento y procesamiento, el nitrógeno se libera principalmente a la atmósfera en forma de amoníaco (NH_3) que luego se puede transformar en N_2O (emisiones indirectas).

Emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y óxido nitroso (N_2O) de la producción, el procesamiento y el transporte de piensos. Las

emisiones de dióxido de carbono se originan por la expansión de cultivos forrajeros y pastos hacia hábitats naturales, lo que provoca la oxidación de C en el suelo y la vegetación. También se originan en el uso de combustibles fósiles para fabricar fertilizantes y procesar y transportar alimentos. Las emisiones de N₂O provienen del uso de fertilizantes (orgánicos o sintéticos) para la producción de piensos y de la deposición directa de estiércol en pastos o durante el manejo y aplicación de estiércol en campos de cultivo. Las emisiones directas o indirectas de N₂O pueden variar mucho según la temperatura y la humedad en el momento de la aplicación y, por tanto, su cuantificación está sujeta a una gran incertidumbre.

Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) por consumo de energía. El consumo de energía se produce a lo largo de todas las cadenas de suministro de ganado produciendo emisiones de CO₂. A nivel de producción de piensos, se relaciona principalmente con la producción de fertilizantes y con el uso de maquinaria para el manejo de cultivos, cosecha, procesamiento y transporte. La energía también se consume en el sitio de producción animal, ya sea directamente a través de operaciones mecanizadas, o indirectamente para la construcción de edificios y equipos. Por último, el procesamiento y transporte de productos animales implica un mayor uso de energía.

- El sector ganadero es vital para la seguridad alimentaria y la salud mundiales
- El sector ganadero necesita producir más, utilizando menos recursos,
- El sector ganadero desempeña funciones críticas de desarrollo a través de su contribución a dietas nutritivas, crecimiento económico y medios de vida beneficios para todos.
- El sector ganadero es fundamental

para que la sociedad alcance sus objetivos ambientales, sociales, económicos y sanitarios

- El sector ganadero puede contribuir significativamente a la mitigación del cambio climático
- El crecimiento del sector ganadero contribuye a la reducción de la pobreza y al desarrollo.

Si bien esta lista no es exhaustiva, documenta los principales mitos que se difunden masivamente y que pueden controvertirse desde la evidencia científica y técnica para entregar al público general evidencias concretas que faciliten decisiones de consumo responsable.

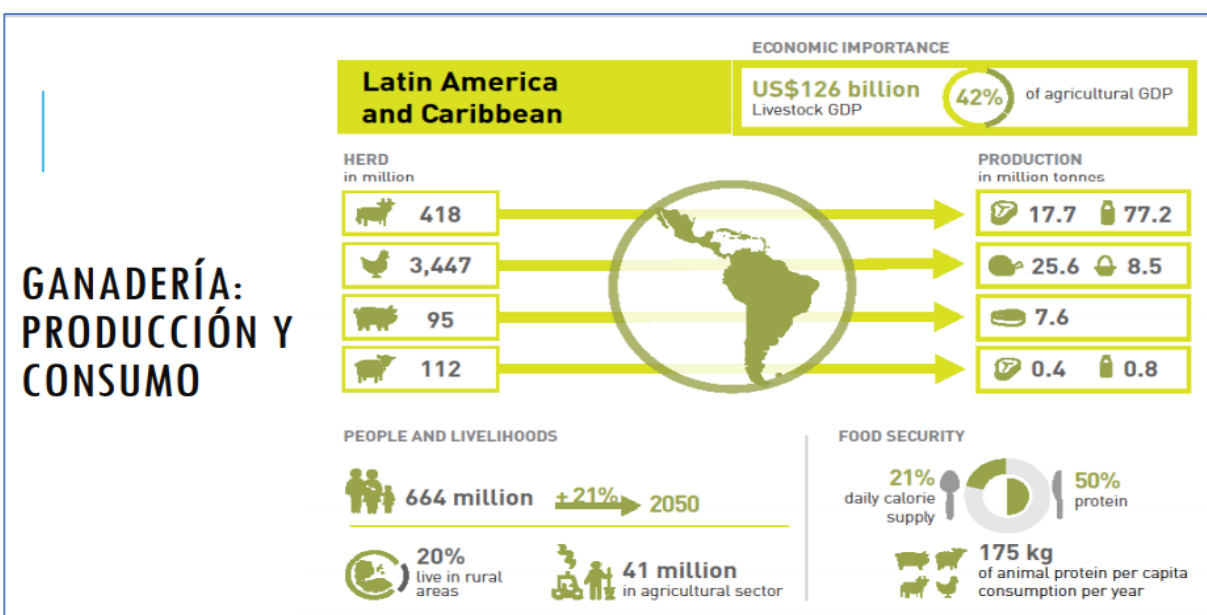
Es necesario documentar y comunicar que existen sistemas de producción ganaderos que son compatibles con los ODS y representan modelos alternativos en consonancia con la meta de producir más con menos. Estos modelos generan desarrollo y calidad de vida para las personas que viven de la ganadería, no alteran significativamente los agroecosistemas y promueven la funcionalidad ecológica de los sistemas terrestres al conservar o incrementar el capital natural. La mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero por el ganado se originan en cuatro categorías principales de actividades: fermentación entérica, gestión del estiércol, producción de piensos y consumo de energía.

Una nueva herramienta interactiva de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) permite a los agricultores, responsables de las políticas y científicos calcular la producción de carne, leche y huevos, junto a las emisiones de gases de efecto invernadero de la ganadería, para que este sector sea más productivo y respetuoso con el clima. El Modelo Interactivo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM-i, por sus siglas en inglés) es la base para el modelo desarrollado por la División de Producción y Sanidad Animal de la FAO para apoyar cambios en las políticas y prácticas para

lograr el desarrollo sostenible de la ganadería; GLEAM-i puede ser empleado por cualquier persona que utilice el programa informático Excel.

“El objetivo de GLEAM es ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y garantizar que las actividades ganaderas sean lo más eficientes posibles para que puedan seguir cubriendo las necesidades de alimentos, nutrición y medios de vida de las personas, al tiempo que utilizan menos recursos naturales”, señaló Anne Mottet, experta en políticas ganaderas en la FAO.

El objetivo de esta revisión en este documento es analizar los diferentes factores involucrados en las emisiones de metano de los animales rumiantes, las diferentes alternativas de medición y las opciones para disminuir la producción de este gas en los sistemas ganaderos, en aras de una producción más eficiente y concomitante con la protección del medio ambiente; además de presentar elementos de juicio para despejar algunos mitos sobre los que basan ataques injustificados sobre la producción y consumo de carne bovina, afectando al sector productor.



Fuente: Global Livestock Environmental Assessment Model GLAM LEAP.2020
 Autor: Henning Steinfeld, Chief FAO Livestock.

1. Metodologías para la determinación de producción y emisiones de metano

Para desarrollar estrategias que mitiguen las emisiones de metano en la ganadería, debe ser posible, cuantificar estas emisiones bajo un amplio rango de circunstancias. El metano puede ser medido usando espectroscopia infrarroja, cromatografía de gas, espectroscopia

de masa y técnicas de diodo láser (13). Las mediciones de metano son difíciles de realizar sin cámaras respiratorias; una alternativa es estimar el metano a través de cálculos. Esto usualmente se realiza por ecuaciones de regresión de consumo de energía digestible (ED), las cuales ignoran las relaciones de ácidos grasos volátiles y el balance de carbono. Esto conlleva a que los valores de energía metabolizable (EM) puedan no ser buenos estimativos de la producción de metano (29).

Hay diversas opciones para medir las emisiones de metano in vivo. El muestreo individual o a nivel grupal puede ser efectuado utilizando técnicas con cámaras cerradas o métodos con trazadores.

1.1. Técnicas de medición

Técnicas cerradas. Las técnicas calorimétricas de respiración tales como las cámaras cerradas, cajas en la cabeza, o capuchas ventiladas y máscaras faciales han sido usadas con efectividad para la determinación de las emisiones de metano (8, 13). Estas emisiones son determinadas por la medición del flujo total de aire por el sistema y la diferencia en la concentración entre el aire inspirado y espirado. En las cámaras, la mayor ventaja radica en las mediciones de metano tanto proveniente de la fermentación ruminal como de la fermentación del tracto posterior. Las desventajas de esta técnica involucran: los costos de construcción y de mantenimiento, la restricción de movimiento de los animales y la alta mano de obra (13).

Además, McCaughey et al (18) y Kinsman et al (15), señalan que la mayoría del ganado se encuentra bajo pastoreo de 5 a 12 meses del año, dependiendo de la localización geográfica, lo que implica amplias diferencias de comportamiento alimenticio y cinética ruminal que pueden afectar el consumo voluntario y la tasa de pasaje, difiriendo así, de lo observado en los sistemas cerrados tipo cámaras metabólicas. Otro aspecto que señalan McCaughey et al (19), es que los animales en pastoreo pastan por largos períodos de tiempo, hasta un total de 8-12 h/ día.

Técnicas con trazadores. Las técnicas con trazadores isótopos y no isótopos son útiles. Los métodos con isótopos involucran el uso de $[3H-]$ metano o $[14C-]$ metano y animales canulados a rumen. La mayor limitación con trazadores isótopos es la dificultad en la preparación de la solución por la baja solubilidad del metano. Las técnicas con trazadores no isótopos también son útiles en la medición de producción de este gas. Un

ejemplo de estas técnicas es el exafluorosulfuro (SF_6), un gas trazador inerte colocado en el rumen. Todas estas técnicas tienen la ventaja que no limita al animal en su comportamiento normal en pastoreo (13, 18, 19). Respecto a esta técnica McCaughey et al (19) y DeRamus et al (8), reportan que puede determinar del 93-98% del total de metano producido, comparado con las cámaras de respiración. DeRamus et al (8), señalan que esta técnica es sencilla, en la cual muestras de gas eructado son continuamente obtenidas a través de un tubo capilar, conectado a un colector localizado en el cuello del animal. Luego de la recolección de las muestras el colector es presurizado con nitrógeno (N_2) y con cromatografía de gases se determina el metano y el SF_6 .

Ecuaciones de predicción. Un método desarrollado en 1960 por Wolin permite calcular las emisiones de metano a través de la distribución molar de los AGV. El balance fermentativo se ha usado para predecir la producción de metano por la conversión de carbohidratos de la dieta a AGV. Esta metodología asume que todo el exceso de H_2 es convertido en metano y no hay hidrógeno asociado con la síntesis de células microbiales (13, 28) y que de la fermentación de los sustratos no carbohidratados no se producen AGV. Van Kessel y Russell (28), indican que cuando las células microbiales son incluidas en la estequiometría de la fermentación, los estimativos de la producción de metano disminuyen. Como es lógico esta técnica es criticada por muchos autores, pero es útil para propósitos comparativos (13).

Las características del alimento también se usan para calcular la producción de metano. La ecuación de Blaxter y Claperton formulada en 1965, consideró inicialmente las características del alimento y es la base de la cual la mayoría de los estimativos de producción de metano se han derivado. Otra ecuación fue propuesta por Moe y Tyrrel en 1979, la cual también incorpora las características del alimento. Se deriva de mediciones realizadas en ganado con raciones diarias de alta calidad y su relación con residuos solubles, hemicelulosa y celulosa

en la producción de metano (13). Esta se determina:

$$\text{CH}_4 = 3.406 + 0.510 (\text{residuo soluble}) + 1.736 (\text{hemicelulosa}) + 2.648 (\text{celulosa}).$$

Dónde CH₄ está en Megajoules/día y los residuos solubles, hemicelulosa y celulosa en Kkg/día. Sin embargo, Johnson y Johnson (13) anotan que es poco probable que una ecuación simple basada en las características del alimento tenga una predicción exacta de la producción de metano bajo condiciones perturbadoras en campo. Van Soest (29) señala que las nuevas ecuaciones implementadas en la estimación de producción de metano indican que la digestibilidad del carbohidrato (hemicelulosa más que almidón) tiene efecto sobre la producción de metano.

En términos generales Benchaar et al (3), señalan que la ecuación de predicción de producción de metano en el ecosistema ruminal requieren información de consumo de materia seca, composición química de la dieta (incluyendo solubilidad y tasa de degradabilidad) y otras variables como la tasa de pasaje de las fracciones sólida y líquida del rumen, volumen ruminal y pH del fluido ruminal.

Métodos fermentativos in vitro. Los estudios en fermentación y digestión juegan un papel crucial en los estudios nutricionales y fisiológicos en rumiantes. Desde la década de los 50's muchos métodos han sido desarrollados para simular el ecosistema ruminal. Aunque los estudios in vivo han sido de gran importancia, las simulaciones in vitro del medio ambiente ruminal son frecuentemente efectivas y eficientes por su rapidez y bajo costo de operación. Además, porque se pueden definir factores específicos, que en condiciones in vivo, pueden ocultarse por una gran complejidad de factores (14).

Dentro de las técnicas más conocidas in vitro están la de Tilley y Terry implementada

en 1963, o sus diversas modificaciones. Entre algunas desventajas de estos métodos se tienen: largo tiempo requerido para realizar un análisis, la gran cantidad de pasos y que la muestra no tiene flujo de recambio (26)

Rumen artificial (RUSITEC). Esta hace parte de las técnicas in vitro, con modificaciones que permiten una mayor similitud a las características del ecosistema ruminal. Kajikawa et al (14) indican que en la década de los 70's se desarrollaron dos de los sistemas de flujo continuo más adoptados por los investigadores: el "sistema de cultivo de flujo continuo doble" originalmente desarrollado por Hoover et al y el "Rusitec" desarrollado por Czerkawsky y Breckenridge. Esta última metodología ha demostrado una adecuada correlación con los datos obtenidos in vivo, involucrando como ya se mencionó, mayor rapidez y menos costos, además de una mayor independencia de animales canulados.

Diversos autores reportan el diseño del equipo y la metodología de su uso, pero no existe un manual unificado, debido a que su principal restricción está en que no es un equipo comercialmente disponible. En términos generales es un equipo que normalmente consiste de ocho sistemas de flujo continuo donde interactúan la fase líquida y sólida del rumen (obtenida del rumen de animales donadores), las muestras a analizar (confinadas en bolsas de nylon) y un sistema buferante o de saliva artificial que permite en el sistema un control del pH, a través de sus componentes tipo carbonatos y fosfatos (14).

En cada sistema compuesto por vasos secuenciales, generalmente con una capacidad aproximada de un litro, se colocan más o menos 500 ml. de fluido ruminal con 200 ml. de saliva artificial y 100 ml. de agua, posteriormente agregando agua hasta un nivel total de un litro. Inicialmente, una porción sólida de contenido ruminal se adiciona (80 a 100 gr./litro) para garantizar una fuente de microorganismos que habitan en esta fracción

(5, 14).

Czerkawsky y Breckenridge, citados por Kajikawa et al (14), sugieren que un período de acople en la fermentación entre cuatro y seis días debe ser adecuado, aunque hasta 11 días se requieren en algunos casos cuando se evalúan dietas de baja calidad. Una semana de período de adaptación es probablemente suficiente para dietas de buena calidad. Aunque Wettstein et al (31), reportan que en algunas investigaciones se ha considerado suficiente un período de adaptación de tres días.

La cantidad sugerida de alimento a evaluar está entre 12 y 18 gr. (10.3 - 15.5 gr. de materia seca) en cada sistema, porque la eficiencia de crecimiento microbial cambia curvilíneamente cuando la cantidad de alimento se incrementa. Dicho material se ubica en bolsas de nylon, similares a las utilizadas en los métodos *in situ*, las cuales generalmente tienen un tamaño de poro entre 40 y 100 mm (14).

Las tasas de dilución mayores a 4%/hora pueden diluir los productos de fermentación en el Rusitec, mientras que una tasa de dilución más baja de 2% por hora puede conducir a una disminución en el pH debido a la acumulación de productos finales. Por lo tanto, la mayoría de los estudios asumen tasas entre estos valores (14). Así, Carro y Miller (4) reportan que el flujo a través de los vasos se mantuvo con una infusión continua de saliva artificial (McDougall, pH 8.4) a una tasa de 2.9%/h.

Esta metodología permite múltiples tipos de análisis fermentativos, fisiológicos, microbianos, etc. extrapolables a rumen. Entre muchas mediciones, se encuentra la determinación de producción de gases en el sistema. Producto de la fermentación se produce, en un tiempo determinado, un volumen de gas que es almacenado de forma individual por fermentador en bolsas con película de fluoropolivinil. La producción de metano, presente en el volumen total de cada bolsa, se determina por diferentes métodos,

siendo la cromatografía de gases el más utilizado en este caso. Para este efecto las bolsas se acoplan al sistema cromatográfico, en el cual se determina el porcentaje de gas en la muestra y se valora la cantidad total teniendo en cuenta el volumen total de gas en la bolsa (1, 14).

1.2. Oportunidades de reducciones considerables al alcance

Las emisiones del sector ya podrían reducirse significativamente simplemente mediante el uso más amplio de las mejores prácticas y tecnologías existentes. Ya existen tecnologías y prácticas que contribuyen a reducir las emisiones, pero podrían utilizarse más ampliamente.

Sería posible una reducción del 30 % de las emisiones de GEI si los productores de un sistema, región y zona climática determinados adoptaran las tecnologías y prácticas utilizadas actualmente por sus pares con menor intensidad de emisiones (emisiones por unidad de producto animal).

Se pueden lograr reducciones sustanciales de emisiones en todas las especies, sistemas y regiones.

1.1.1. La eficiencia clave para reducir las emisiones

Las posibles intervenciones para reducir las emisiones se basan principalmente en tecnologías y prácticas que mejoran la eficiencia de la producción a nivel de animales y rebaños. Incluyen mejores prácticas de alimentación, cría de animales y gestión sanitaria.

Las prácticas de gestión del estiércol que garantizan la recuperación y el reciclaje de los nutrientes y la energía contenidos en el estiércol, y el ahorro y el reciclaje de energía a lo largo de las cadenas de suministro, son otras opciones de mitigación.

1.1.2. Mitigación para el desarrollo

La mayoría de las intervenciones de

mitigación pueden proporcionar beneficios colaterales tanto ambientales como económicos. Las prácticas y tecnologías eficientes pueden impulsar la productividad y contribuir así a la seguridad alimentaria y el alivio de la pobreza.

1.1.3. Necesidad urgente de acción colectiva y global

- Se requiere urgentemente una acción global que involucre a todas las partes interesadas del sector para diseñar e implementar estrategias de mitigación equitativas y rentables, y para establecer las políticas de apoyo y los marcos institucionales necesarios.
- La adopción de nuevas prácticas y tecnologías requerirá una combinación de políticas de apoyo, incentivos, investigación y trabajo de extensión sobre el terreno.
- Este informe se complementa con dos informes técnicos que proporcionan un análisis más profundo de las emisiones por subsectores (cadenas de suministro de cerdos y pollos y cadenas de suministro de rumiantes).
- Muchos suelos tienen el potencial de secuestrar más carbono de lo que hacen actualmente, grandes lagunas en el conocimiento sobre cómo las prácticas de manejo pueden ser manipuladas para aumentar el secuestro de C en el suelo.
- Desafío de cuantificar el secuestro de C del suelo, pequeños cambios y grandes existencias, variabilidad espacial, influencias ambientales; corto vs. Largo plazo, entre otros.
- Los aumentos del stock de C del suelo son reversibles y la tasa de secuestro disminuye con el tiempo.
- El secuestro de C del suelo es específico en función de los aspectos espaciales y temporales del local.

1.1.4. Sugerencias

- Promover opciones técnicas para restaurar pastizales degradados.
- Incentivos y regulaciones para superar las barreras sociales, técnicas y económicas
- Apoyar el desarrollo de herramientas y protocolos de medición de bajo costo.
- Pieza clave para construir incentivos de mercado y políticas para la agricultura de bajas emisiones
- Evitar la deforestación
- Promover la tenencia de la tierra y el uso de tecnologías de monitoreo forestal para mejorar el control y la vigilancia; aplicación de la ley y promover la participación conjunta con el sector privado.
- Abordar los derechos de tenencia y acceso a la tierra para promover una gestión sostenible de los recursos.
- Reducir la expansión de la frontera y controlar la venta de tierras a extranjeros.
- Apoyar la transparencia y la rendición de cuentas.

1.1.5. Compromiso de la FAO con la práctica de las mejoras y la sostenibilidad del sector

La FAO participa activamente en el Programa de acción en apoyo del desarrollo sostenible del sector ganadero, una asociación mundial de múltiples partes interesadas dedicada a mejorar las prácticas para un uso más eficiente de los recursos naturales. Se centra en tres áreas: eficiencia de las prácticas, manejo de pastizales y manejo de estiércol.

La FAO también participa activamente en la Asociación de Evaluación y Desempeño Ambiental de la Ganadería (LEAP), un esfuerzo intersectorial para desarrollar métricas comunes para definir y medir el desempeño ambiental de las cadenas de suministro de ganado.

2. Consideraciones finales

- La ganadería sostenible y compatible con el clima busca desarrollar e implementar estrategias de intensificación productiva sostenible y responsabilidad ambiental para demostrar que en el trópico los forrajes mejorados pueden llevar a la intensificación sostenible de sistemas de producción mixta. Estos sistemas integran forrajes y cultivos o árboles para producir múltiples beneficios sociales, económicos y ambientales. La intensificación sostenible no solo incrementa la productividad de los sistemas tropicales basados en forrajes, sino también reduce la huella ecológica de la producción pecuaria y genera una diversidad de servicios ecosistémicos, como el mejoramiento de la calidad del suelo, la reducción de la erosión y la sedimentación, y la mitigación de las emisiones de GEI.
- Las emisiones de metano por los rumiantes tienen un efecto considerable a nivel medioambiental debido al aporte que este gas hace al calentamiento global y a la disminución de la capa de ozono, aspectos que llevan a cambios climáticos que afectan drásticamente, entre otros, a los sistemas de producción agrícola y pecuaria.
- Considerar la alternativa de disminuir la población bovina, en aras de disminuir los efectos medioambientales bajo las condiciones tropicales, donde la baja productividad por condiciones edáficas y baja disponibilidad de recursos alimenticios de buena calidad es una constante, no se considera una alternativa viable, máxime cuando el incremento de la población humana mundial y principalmente en los países tropicales, demandan un alto suministro de fuentes alimenticias de origen animal.
- Por tal motivo, la implementación de técnicas alimentarias en la producción

bovina acorde a las condiciones del trópico, se deben basar en la búsqueda de alternativas factibles y que propendan por mejorar las características de la dieta y, por ende, los parámetros fermentativos en nuestros ganados.

- Considerando las condiciones generales de la dieta de los bovinos en el trópico, la implementación de sistemas que mejoren sus características, deben ser un constante reto del personal involucrado en esta área del sector pecuario. Las diferentes alternativas involucradas en el manejo de las pasturas y en la suplementación a la dieta forrajera, que involucren cambios en los parámetros fermentativos, deben ser consideradas para obtener mejores parámetros productivos simultáneos con menores emisiones de metano.
- Bajo las condiciones mencionadas, los sistemas silvopastoriles pueden ser una alternativa para mejorar la calidad de la dieta y por lo tanto disminuir las emisiones de gases, principalmente de metano. Estos sistemas se convierten en alternativas interesantes desde el punto de vista de ampliación del rango de nutrientes disponibles para el ganado bovino y en la mejoría de los parámetros fermentativos a nivel ruminal, implicando mayor eficiencia en el uso de los nutrientes y por ende unos mayores parámetros productivos.
- Sin embargo, son pocos los estudios que se han realizado al respecto, reportándose resultados contradictorios según la especie forrajera utilizada. A la par que se implementan estos sistemas, con visión hacia la mejoría de los aspectos ya mencionados, se debe acudir a metodologías con rigor científico que permitan una cuantificación y cualificación acertada de los parámetros fermentativos, entre ellos las emisiones de metano.
- En esta revisión, punto de partida para

asumir un proceso investigativo en producción y medición del gas metano en los sistemas silvopastoriles, se asume como una alternativa confiable el uso del método in vitro RUSITEC (rumen artificial), el cual permite la cuantificación de diversos parámetros fermentativos, entre ellos la producción de metano de las dietas propias del trópico. Sistema que a pesar de obviar muchos aspectos inherentes al animal y a su entorno, permite una adecuada correlación de los resultados con los que se obtienen in vivo y una mayor aproximación al conocimiento de la eco fisiología ruminal de nuestros ganados, bajo condiciones medioambientales propias de trópico.

- Finalmente se deberá promover la producción ganadera con bajo carbono, producir más y con menos emisiones de GEI, socialmente inclusivo y justo: crear riqueza y empleo mientras se minimizan los impactos sociales negativos en los productores, ecológicamente sostenible. reducir el impacto ambiental y al mismo tiempo salvar los recursos naturales nacionalmente apropiados, tomando en cuenta las diferencias en las dotaciones de recursos naturales, las circunstancias del país y los desafíos para el desarrollo sostenible.

3. REFERENCIAS

- [1]. Abreu A, Carulla JE, Kreuzer M, Lascano C, Díaz TE, Cano A, Hess, HD. Efecto del fruto, del pericarpio y del extracto semipurificado de saponinas de *Sapindus saponaria* sobre la fermentación ruminal y la metanogénesis in vitro en un sistema RUSITEC. *Rev Col Cienc Pec.* 2003; 16: 147-154.
- [2]. Benchaar C, Rivest J, Pomar C, Chiquette J. Prediction of methane production from dairy cows using existing mechanistic models and regression equations. *J Anim Sci* 1998; 76: 617- 627.
- [3]. Carro MD, Miller EL. Effect of supplementing a fibre basal diet with different nitrogen forms on ruminal fermentation and microbial growth in an in sacco semicontinuous culture system (RUSITEC). *British Journal of Nutrition*, 1999; 82: 149-157
- [4]. Czerkawski JW, Breckenridge G. Design and development of a long-term rumen simulation technique (Rusitec). *British Journal of Nutrition*, 1977; 38: 371-384.
- [5]. Chandramoni SB, Jadhao CM, Tiwari CM, Khan MY. Energy metabolism with Particular reference to methane production in Muzaffarnagari sheep fed rations in roughage to concentrate ratio. *Animal Feed Science and Technology*, 2000; 83: 287- 300.
- [6]. FAO. 2013a. Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains - A global life cycle assessment, by C. Opio, P. Gerber, A. Mottet, A. Falcucci, G. Tempio, M. MacLeod, T. Vellinga, B. Henderson & H. Steinfeld. Rome.
- [7]. FAO. 2013b. Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains - A global life cycle assessment, by M. MacLeod, P. Gerber, A. Mottet, G. Tempio, A. Falcucci, C. Opio, T. Vellinga, B. Henderson & H. Steinfeld. Rome. References 111
- [8]. FAO. 2013c. Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production - A review of technical options for non-CO2 emissions, by P. J. Gerber, B. Henderson & H. Makkar, eds.
- [9]. FAO Animal Production and Health Paper No. 177. Rome. FAO. 2013d. Optimization of feed use efficiency in ruminant production systems - Proceedings of the
- [10]. FAO Symposium, 27 November 2012, Bangkok, Thailand, by Harinder P.S. Makkar and David Beeve, eds.
- [11]. FAO Animal Production and Health Proceedings, No. 16. Rome, FAO and Asian-Australasian Association of Animal Production Societies.

- [12]. FAOSTAT 2013. FAO, Rome.
- [13]. Fischer, G., Nachtergaele, F., Prieler, S., van Velthuisen, H. T., Verelst, L. & Wiberg, D. 2008. Global agro-ecological zones assessment for agriculture (GAEZ 2008). Laxenburg, Austria, IIASA and Rome, FAO.
- [14]. Johnson KA, Johnson DE. Methane emissions from cattle. *J Anim Sci*, 1995; 73: 2483-2492.
- [15]. Kajikawa H, Hai J, Terada F, Suga T. Operation and characteristics of newly improved and marketable artificial rumen (Rusitec). In: *Memoirs of National Institute of Livestock and Grassland Science*. N° 2. Mar. 2003.
- [16]. McCaughey W, Wittenberg K, Corrigan D. Methane production by steers on pasture. *Can J An Sc*, 1997; 76 (3): 519-524.
- [17]. Montenegro J, Abarca S. Fijación de carbono, emisión de metano y de óxido nitroso en sistemas de producción bovina en Costa Rica. En: *Intensificación de la ganadería en Centroamérica: beneficios económicos y ambientales*. CATIE - FAO - SIDE. Ed Nuestra Tierra. 2000. 334 p.
- [18]. Novak S, Fiorelli J. 2010. Greenhouse gases and ammonia emissions from organic mixed crop-dairy systems: a critical review of mitigation options. *Agronomy for Sustainable Development* 30(2): 215 - 236.
- [19]. Steinfeld Henning. Chief FAO Livestock Global Livestock Environmental Assessment Model GLAM LEAP. Posición de la América Latina y el Caribe como productora de alimentos frente al mundo 2020.
- [20]. Rasmussen, J. & Harrison, A. 2011. The benefits of supplementary fat in feed rations for ruminants with particular focus on reducing levels of methane production. *ISRN Veterinary Science*, 2011.
- [21]. Tejido ML, Ranilla MJ, Carro MD. In vitro digestibility of forages as influences by source of inoculum (sheep rumen versus Rusitec fermenters) and diet of the donor sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 2002; 97: 41-51.
- [22]. Wettstein HR, Machmüller A, Kreuser M. Effects of raw and modified canola lecithins compared to canola oil, canola seed and soy lecithin on ruminal fermentation measured with rumen simulation technique. *Animal Feed Science and Technology*, 2000; 85: 153-169.
- [23]. Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, ft., Lang, P. T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, ft., Clark, ft., Gordon, L., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J., De Vries, W., Sibanda, L... fturray, C. J. (2019). Food in the anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet Commissions*, 393(10170), 447-492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)